

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

1c588 U.S. PTO  
09/362055  
07/26/99

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 8月 4日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第220299号

出 願 人

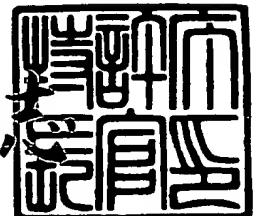
Applicant (s):

ソニー株式会社

1999年 6月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建



出証番号 出証特平11-3038008

【書類名】 特許願

【整理番号】 9800279801

【提出日】 平成10年 8月 4日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 29/78

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6丁目 7番 35号 ソニー株式会社  
内

    【氏名】 ゴサイン ダラム パル

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6丁目 7番 35号 ソニー株式会社  
内

    【氏名】 碓井 節夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

    【代表者】 出井 伸之

【代理人】

    【識別番号】 100082762

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉浦 正知

    【電話番号】 03-3980-0339

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 043812

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に半導体膜を形成する工程と、  
上記半導体膜上に水素含有膜を形成する工程と、  
パルスエネルギービームを照射して上記水素含有膜を加熱することにより上記水素含有膜中の水素を上記半導体膜に拡散させる工程  
とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 上記パルスエネルギービームのエネルギー密度、パルス数およびパルス幅を上記半導体膜が溶融しないように設定することを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 上記パルスエネルギービームは、レーザービーム、電子ビームまたはイオンビームであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 上記基板上に上記半導体膜を形成した後、上記半導体膜上に上記水素含有膜を形成する前に、別のパルスエネルギービームを照射して上記半導体膜を結晶化または再結晶化する工程をさらに有し、上記水素含有膜の加熱に用いられる上記パルスエネルギービームのエネルギー密度を、上記半導体膜の結晶化または再結晶化に用いられる上記別のパルスエネルギービームのエネルギー密度より低く設定することを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 上記基板は、ポリエチレンサルフォン、ポリエチレンテレフタレート、ポリメチルメタクリレートまたはポリカーボネートからなるプラスチック基板であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 上記半導体膜は、多結晶シリコン膜、非晶質シリコン膜または単結晶シリコン膜であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 上記水素含有膜は、水素を含有する窒化シリコン膜、水素を含有する非晶質シリコン膜またはこれらの積層膜であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 上記半導体膜上に上記水素含有膜を形成した後、上記パルスエネルギービームの照射により上記水素含有膜を加熱する前に、上記水素含有膜上に上記パルスエネルギービームを吸収する膜を形成する工程をさらに有し、上記パルスエネルギービームを照射して上記パルスエネルギービームを吸収する膜を加熱することにより上記水素含有膜を加熱するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 上記パルスビームエネルギーを吸収する膜は、モリブデン、タンタルまたはタングステンからなる金属膜であることを特徴とする請求項 8 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 上記パルスビームエネルギーを吸収する膜は、シリコンからなる半導体膜であることを特徴とする請求項 8 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 上記半導体装置は、上記半導体膜を活性領域とする薄膜トランジスタであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は半導体装置の製造方法に関し、特に、薄膜トランジスタの製造に用いて好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

薄膜トランジスタ (TFET) においては、活性領域が例えば多結晶シリコン (Si) 膜により構成されている。このような薄膜トランジスタを製造する際には、通常、活性領域を構成する多結晶 Si 膜の結晶粒界のトラップ密度を減少させることを目的として、この多結晶 Si 膜を水素化する処理が行われ、これによって、薄膜トランジスタの動作特性の向上が図られている。従来、この多結晶 Si 膜の水素化処理は、多結晶 Si 膜の上に水素含有膜、例えば水素を含有する窒化シリコン ( $\text{SiN}_x$ ) 膜を形成した後、300℃程度以上の温度で基板をアニールすることにより行われている。

【0003】

一方で、最近では、薄膜トランジスタの基板として、ポリエチレンサルフォン（PES）やポリエチレンテレフタレート（PET）からなるプラスチック基板が用いられるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のポリエチレンサルフォンからなるプラスチック基板の耐熱温度は200℃程度、ポリエチレンテレフタレートからなるプラスチック基板の耐熱温度は100℃程度であり、ガラス基板などに比べて耐熱温度が低いため、次のような問題があった。

【0005】

すなわち、上述の従来技術による多結晶Si膜の水素化処理の場合、基板を300℃程度以上に加熱しなければならないため、基板としてガラス基板を用いた場合は特に問題とならないが、上述のように耐熱温度の低いPESやPETからなるプラスチック基板を用いた場合は、基板がプロセス温度に耐えられなくなってしまうという問題がある。このため、薄膜トランジスタの製造プロセスにおいては、プラスチック基板の耐熱温度以下の温度で、多結晶Si膜の水素化を行うことが可能な技術が必要となっている。

【0006】

したがって、この発明の目的は、プラスチック基板のような低耐熱性の基板を用いた場合であっても、基板に損傷を与えることなく半導体膜の水素化を行うことができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、この発明による半導体装置の製造方法は、  
基板上に半導体膜を形成する工程と、  
半導体膜上に水素含有膜を形成する工程と、  
パルスエネルギービームを照射して水素含有膜を加熱することにより水素含有膜中の水素を半導体膜に拡散させる工程

とを有することを特徴とするものである。

【0008】

この発明においては、基板として、例えば耐熱温度が300℃以下の低耐熱性の基板を用いることが可能である。このような基板としては、例えば、耐熱温度が200℃程度のポリエチレンサルフォンからなるプラスチック基板または耐熱温度が100℃程度のポリエチレンテレフタレートからなるプラスチック基板があるが、これ以外にも、ポリメチルメタクリレート（PMMA）からなるプラスチック基板やポリカーボネート（PC）からなるプラスチック基板などがある。また、半導体膜としては、典型的には、多結晶半導体膜またはアモルファス半導体膜のような非単結晶半導体膜が用いられるが、単結晶半導体膜を用いることも可能である。具体的には、この半導体膜としては、例えば、多結晶シリコン膜、非晶質シリコン膜または単結晶シリコン膜が用いられる。また、水素含有膜としては、典型的には、水素を含有する絶縁膜が用いられるが、水素を含有する半導体膜を用いることも可能である。具体的には、この水素含有膜としては、例えば、水素を含む窒化シリコン膜または非晶質シリコン膜が用いられる。また、パルスエネルギービームは、例えば、水素含有膜が形成された基板に対して水素含有膜の側から照射される。

【0009】

この発明において、パルスエネルギービームとしては、典型的にはレーザービームが用いられる。なお、このパルスエネルギービームとしては、レーザービーム以外にも、例えば電子ビームやイオンビームを用いることも可能である。このパルスエネルギービームは、例えば、水素含有膜が形成された基板に対して水素含有膜の側から照射する。また、この発明においては、パルスエネルギービームの照射により水素含有膜が効果的に加熱されるように、パルスエネルギービームとしては、水素含有膜で吸収されるような波長のものを用いることが好ましい。なお、パルスエネルギービームが水素含有膜では吸収されないが、下層の半導体膜で吸収されるものであれば、半導体膜の加熱によって結果的に水素含有膜を加熱することができるので、このようなパルスエネルギービームを用いることも可能である。パルスエネルギービームのエネルギー密度、パルス数およびパルス幅は、

好適には、半導体膜が溶融しないように設定される。また、基板上に半導体膜を形成した後、半導体膜上に水素含有膜を形成する前に、半導体膜に別のパルスエネルギービームを照射して半導体膜を結晶化または再結晶化するようにしてもよく、この場合、水素含有膜の加熱に用いられるパルスエネルギービームのエネルギー密度は、例えば、半導体膜の結晶化または再結晶化に用いられる別のパルスエネルギービームのエネルギー密度より低く設定される。

【0010】

上述のように構成されたこの発明によれば、パルスエネルギービームを照射して水素含有膜を加熱することにより水素含有膜中の水素を半導体膜に拡散させるようにしていることにより、水素含有膜を選択的に加熱することによって半導体膜の水素化することができるので、プラスチック基板のような低耐熱性の基板を用いた場合であっても、基板に損傷を与えることなく半導体膜の水素化を行うことができる。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0012】

まず、この発明の第1の実施形態について説明する。ここでは、活性領域が多結晶Si膜により構成されたボトムゲート型の薄膜トランジスタを製造する場合について説明する。図1～図5は、この第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【0013】

この第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法においては、図1に示すように、例えば、耐熱温度が200℃程度のポリエチレンサルフォン（PESS）からなるプラスチック基板1上に、例えば、低温プラズマ化学気相成長（CVD）法により、二酸化シリコン（ $\text{SiO}_2$ ）膜、窒化シリコン（ $\text{SiN}_x$ ）膜またはこれらの積層膜のような保護膜2を形成する。次に、例えばAl膜を全面に形成した後、このAl膜を所定形状にパターニングすることによりゲート電極3を形成する。なお、このゲート電極3の材料としては、Al以外に、例えばTa



やMoを用いてもよい。

【0014】

次に、ゲート電極3を覆うようにして全面に、例えばスパッタリング法により、例えば膜厚150nm程度の $\text{SiO}_2$ 膜からなるゲート絶縁膜4、例えば膜厚30nm程度のアモルファス状のSi膜5および例えば膜厚50～100nm程度の $\text{SiO}_2$ 膜6を順次形成する。これらのゲート絶縁膜4、Si膜5および $\text{SiO}_2$ 膜6を形成する際のスパッタリング条件の一例を挙げると、ゲート絶縁膜4を形成する際には、ターゲットとしてSi、プロセスガスとしてヘリウム(He)および酸素( $\text{O}_2$ )の混合ガスを用い、Heガスおよび $\text{O}_2$ ガスの流量をそれぞれ50sccm、5sccmとし、放電パワーを150Wとする。Si膜5を形成する際には、ターゲットとしてSi、プロセスガスとしてHeガスを用い、Heガスの流量を50sccm、圧力を5mTorrとし、放電パワーを150Wとする。 $\text{SiO}_2$ 膜6を形成する際には、ターゲットとしてSi、プロセスガスとしてHeおよび $\text{O}_2$ の混合ガスを用い、Heガスおよび $\text{O}_2$ ガスの流量をそれぞれ50sccm、5sccmとし、放電パワーを100Wとする。

【0015】

次に、ゲート電極3に対応する部分における $\text{SiO}_2$ 膜6上に、ゲート電極3とほぼ同一の形状を有するレジストパターン7を形成する。次に、このレジストパターン7をマスクとして、エッチングにより $\text{SiO}_2$ 膜6をパターニングする。これにより、ゲート電極3の上側に、ゲート絶縁膜4およびSi膜5を介してゲート電極3とほぼ同一形状の $\text{SiO}_2$ 膜6が形成される。

【0016】

次に、図2に示すように、 $\text{SiO}_2$ 膜6上にレジストパターン7を残したまま、これらのレジストパターン7および $\text{SiO}_2$ 膜6をマスクとして、例えばプラズマドーピング法により、Si膜5中に選択的に例えばPのようなn型不純物をドーピングする。これにより、Si膜5中に $\text{SiO}_2$ 膜6に対して自己整合的に、したがってゲート電極3に対して自己整合的に $\text{n}^+$ 型のソース領域8およびドレイン領域9が形成される。

## 【0017】

次に、レジストパターン7を除去した後、基板に対してSi膜5の側からパルスレーザビーム10を照射することにより、このSi膜5をアニールする。このパルスレーザビーム10を用いたレーザアニールによって、アモルファス状のSi膜5が結晶化される。図3は、アモルファス状のSi膜5を結晶化した後の状態を示し、符号11は、この結晶化によって形成された多結晶Si膜を示す。この多結晶Si膜11は、この薄膜トランジスタの活性領域を構成するものである。この場合、パルスレーザビーム10によりSi膜5が選択的に加熱されるように、パルスレーザビーム10の種類、Si膜5の厚さなどを選択することが好ましい。また、パルスレーザビーム10による照射エネルギー密度は、例えばSi膜5がほとんど溶融せず、しかもアニールが効果的に行われるような値に選ばれる。具体的には、このレーザアニールの際には、例えば、光源として波長308nmのXeClエキシマレーザが用いられる。また、Si膜5の膜厚が30nmである場合、例えば、パルスレーザビーム10による照射エネルギー密度を $200\text{ mJ/cm}^2$ 、パルス幅を30ns、照射パルス数を1000パルスとしてレーザアニールを行う。

## 【0018】

次に、図4に示すように、エッチングにより多結晶Si膜11を所定形状にパターニングし、薄膜トランジスタ形成部をアイランド化する。次に、例えばスパッタリング法およびリフトオフ法により、ソース領域8およびドレイン領域9に対応する部分における多結晶Si膜11上に、例えばAlからなる電極12、電極13を形成する。

## 【0019】

次に、図5に示すように、全面に、例えば低温プラズマCVD法により、例えば膜厚100nmの $\text{SiN}_x$ 膜14を形成する。この $\text{SiN}_x$ 膜14の形成条件の一例を挙げると、プロセスガスとして $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ および $\text{N}_2$ の混合ガスを用い、 $\text{SiH}_4$ ガスの流量を10sccm、 $\text{NH}_3$ の流量を40sccm、 $\text{N}_2$ の流量を135sccm、圧力を100mTorr、プラズマパワーを40Wとする。この $\text{SiN}_x$ 膜14は、膜中に水素を含有しており、後述する多結晶S

i 膜11の水素化の際の水素供給源となる。

【0020】

次に、基板に対して、水素含有膜としての $\text{SiN}_x$ 膜14の側からパルスレーザービーム15を照射することにより $\text{SiN}_x$ 膜14を加熱し、この $\text{SiN}_x$ 膜14中の水素を多結晶Si膜11に拡散させて水素化を行い、多結晶Si膜11の結晶粒界のダングリングボンドを不活性化してトラップ密度を減少させる。また、このとき、ソース領域8およびドレイン領域9と接続された電極12, 13がシンタリングして、オーミック特性が向上する。

【0021】

この場合、パルスレーザービーム15の照射により $\text{SiN}_x$ 膜14が効果的に加熱されるように、パルスレーザービーム15として $\text{SiN}_x$ 膜14で吸収されるような波長のものを選択することが好ましい。なお、パルスレーザービーム15が $\text{SiN}_x$ 膜14で吸収されない場合であっても、下層の多結晶Si膜11で吸収されて結果的に $\text{SiN}_x$ 膜14を加熱できるものであれば、同様に用いることが可能である。ただし、パルスレーザービーム15が赤外光である場合は、 $\text{SiN}_x$ 膜14の下層側の電極12, 13やプラスチック基板1などが加熱され、これらの温度が上昇してしまうため、パルスレーザービーム15としては、なるべく短波長のものを用いることが好ましい。

【0022】

また、パルスレーザービーム15による照射エネルギー密度、パルス幅、照射パルス数は、例えば多結晶Si膜11がほとんど溶融せず、しかも $\text{SiN}_x$ 膜14の加熱が効果的に行われるような値に選ばれる。また、このパルスレーザービーム15の照射エネルギー密度は、例えば、上述したアモルファス状のSi膜5を結晶化して多結晶Si膜11を形成する際に用いたパルスレーザービーム10の照射エネルギー密度より低く選ばれる。この場合、具体的には、例えば、パルスレーザービーム15の光源として波長308nmのXeClエキシマレーザーが用いられ、パルスレーザービーム15による照射エネルギー密度は、 $40\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上 $200\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以下、好適には、 $60\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以上 $140\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 以下、具体的には $100\text{ mJ}/\text{cm}^2$ に選ばれ、パルス幅は30ns、照射パル

ス数は1パルス以上 $10^4$ パルス以下、好適には1パルス以上 $10^3$ パルス以下、具体的には500パルスに選ばれる。この水素化処理中のプラスチック基板1の温度は、概ね室温程度である。

#### 【0023】

以上により、活性領域が多結晶Si膜により構成された、ボトムゲート型の薄膜トランジスタが製造される。なお、この第1の実施形態における上述の各プロセスは、いずれも、プラスチック基板1の耐熱温度以下の温度で行われる。

#### 【0024】

ここで、本発明者は、パルスレーザービーム15を照射して $\text{SiN}_x$ 膜14中の水素を多結晶Si膜11に拡散させて水素化を行うことによる、多結晶Si膜11の結晶粒界のトラップ密度低減の効果を検証すべく、この第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により薄膜トランジスタを製造する際に、パルスレーザービーム15の照射エネルギー密度および照射パルス数を変化させ、照射エネルギー密度および照射パルス数の異なる試料について、ゲート電圧ードレイン電流特性を測定した。

#### 【0025】

パルスレーザービーム15を照射しなかった試料では、多結晶Si膜11の結晶粒界のトラップ密度が高いため、ゲート電圧を印加してもチャネルが形成されにくく、良好なゲート電圧ードレイン電流特性は得られなかった。これに対して、パルスレーザービーム15の照射パルス数を100パルスとして、照射エネルギー密度を $40 \text{ mJ/cm}^2$ から段階的に増加させてゆくと、照射エネルギー密度を $80 \text{ mJ/cm}^2$ としたときにゲート電圧ードレイン電流特性に変化が見られた。

#### 【0026】

図6は、この第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により作製された試料におけるゲート電圧ードレイン電流特性の、パルスレーザービーム15の照射エネルギー密度および照射パルス数依存性を示すグラフである。図6において、横軸はゲート電圧(V)、縦軸はドレイン電流(A)を示し、グラフaは、照射エネルギー密度を $80 \text{ mJ/cm}^2$ 、照射パルス数を100パルスとした試

料、グラフ b は、照射エネルギー密度を  $90 \text{ mJ/cm}^2$ 、照射パルス数を 100 パルスとした試料、グラフ c は、照射エネルギー密度を  $90 \text{ mJ/cm}^2$ 、照射パルス数を 500 パルスとした試料、グラフ d は、照射エネルギー密度を  $100 \text{ mJ/cm}^2$ 、照射パルス数を 100 パルスとした試料、グラフ e は、照射エネルギー密度を  $100 \text{ mJ/cm}^2$ 、照射パルス数を 500 パルスとした試料のゲート電圧ードレイン電流特性を示す。

【0027】

図 6 より、パルスレーザービーム 15 の照射パルス数を 100 パルスとした場合は、照射エネルギー密度を  $80 \text{ mJ/cm}^2$  (グラフ a)、 $90 \text{ mJ/cm}^2$  (グラフ b)、 $100 \text{ mJ/cm}^2$  (グラフ d) と増加させることにより、ゲート電圧ードレイン電流特性が向上することがわかる。また、図 6 より、照射エネルギー密度を  $90 \text{ mJ/cm}^2$  とした場合、照射パルス数を 100 パルス (グラフ b) から 500 パルス (グラフ c) に増やすことによって、ゲート電圧ードレイン電流特性がさらに向上し、照射エネルギー密度を  $100 \text{ mJ/cm}^2$  とした場合も、同様に、照射パルス数を 100 パルス (グラフ d) から 500 パルス (グラフ e) に増やすことによって、ゲート電圧ードレイン電流特性がさらに向上することがわかる。

【0028】

図 7 は、この第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により、パルスレーザービーム 15 の照射エネルギー密度を  $100 \text{ mJ/cm}^2$  として作製された試料におけるゲート電圧ードレイン電流特性の、照射パルス数依存性を示すグラフである。図 7 において、横軸はゲート電圧 (V)、縦軸はドレイン電流 (A) を示し、グラフ a は、照射パルス数を 100 パルスとした試料、グラフ b は、照射パルス数を 500 パルスとした試料、グラフ c は、照射パルス数を 1000 とした試料のゲート電圧ードレイン電流特性を示す。また、比較のため、図 7 中に、パルスレーザービーム 15 を照射しなかった試料のゲート電圧ードレイン電流特性をグラフ d として示す。また、図 8 は、図 7 より求めたパルスレーザービーム 15 の照射パルス数と、ゲート電圧が 20 V のときのドレイン電流との関係を示すグラフである。図 8 において、横軸は照射パルス数、縦軸はゲート電圧が 20

Vのときのドレイン電流 (A) を示す。

【0029】

図7および図8より、パルスレーザービーム15の照射パルス数が増加するにつれて、ドレイン電流が増加することが明確にわかる。パルスレーザービーム15を1000パルス程度照射した場合は、通常の薄膜トランジスタ、すなわち、基板としてガラス基板を用い、300℃以上のアニールにより活性領域を構成する多結晶Si膜の水素化を行った薄膜トランジスタに比べても遜色のない特性が得られている。これより、例えば、照射エネルギー密度が $40\text{ mJ/cm}^2$ の場合でも、照射パルス数を多くすることにより、良好な特性が得られると考えられる。

【0030】

また、図9は、この第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により、パルスレーザービーム15の照射エネルギー密度を $40\text{ mJ/cm}^2$ から $100\text{ mJ/cm}^2$ まで $10\text{ mJ/cm}^2$ のステップで増加させ、各照射エネルギー密度における照射パルス数を100パルスとして作製された試料における、ゲート電圧-ドレイン電流を示すグラフである。図9において、横軸はゲート電圧 (V)、縦軸はドレイン電流 (A) を示す。図9より、照射エネルギー密度が $40\text{ mJ/cm}^2$ 、 $50\text{ mJ/cm}^2$ 、 $60\text{ mJ/cm}^2$ 、 $70\text{ mJ/cm}^2$ 、 $80\text{ mJ/cm}^2$ 、 $90\text{ mJ/cm}^2$ 、 $100\text{ mJ/cm}^2$ のパルスレーザービーム15をそれぞれ100パルスずつ照射することにより作製されたこの試料では、極めて良好な特性が得られた。

【0031】

以上のように、多結晶Si膜11の水素化に用いられるパルスレーザービーム15の照射エネルギー密度および照射パルス数を増やすことによって、薄膜トランジスタのゲート電圧-ドレイン電流特性が向上するという結果が得られた。これは、パルスレーザービーム15の照射エネルギー密度および照射パルス数の増加に伴って、多結晶Si膜11の水素化が促進され、この多結晶Si膜11の結晶粒界のトラップ密度が効果的に低減されたことにより得られた効果である。これにより、パルスレーザービーム15を照射して $\text{SiN}_x$ 膜14を選択的に加熱することにより、プラスチック基板1の耐熱温度以下の温度で多結晶Si膜11の水素

化を行うことができることが示された。

#### 【0032】

以上のように、この第1の実施形態によれば、プラスチック基板1を用いた薄膜トランジスタの製造プロセスにおいて、パルスレーザビーム15を照射して水素含有層である $\text{SiN}_x$ 膜14を加熱することにより、この $\text{SiN}_x$ 膜14中の水素を、薄膜トランジスタの活性領域を構成する多結晶Si膜11に拡散させるようにしていることにより、 $\text{SiN}_x$ 膜14を選択的に加熱することによって多結晶Si膜11を水素化することができるので、低耐熱性のプラスチック基板1（この場合、耐熱温度が200℃程度）を用いた場合であっても、このプラスチック基板1の耐熱温度以下の温度で多結晶Si膜11の水素化を行うことができ、プラスチック基板1が損傷することを防止することができる。

#### 【0033】

また、上述の多結晶Si膜11の水素化処理によって、多結晶Si膜11の結晶粒界のトラップ密度を効果的に低減することができるため、動作特性の良好な薄膜トランジスタを製造することができる。また、この場合、多結晶Si膜11上に電極12、13を形成した後に、この上に水素含有膜である $\text{SiN}_x$ 膜14を形成し、さらにこの後に、パルスレーザビーム15を照射して $\text{SiN}_x$ 膜14を加熱することにより多結晶Si膜11を水素化するようにしているため、多結晶Si膜11の結晶粒界のトラップ密度の低減と同時に、電極12、13のオーミック特性を向上させることもできる。

#### 【0034】

なお、この第1の実施形態においては、多結晶Si膜11の水素化処理を含めて、全てのプロセスがプラスチック基板1の耐熱温度である200℃以下の温度で行われているため、プロセス中にプラスチック基板1が損傷を受けることがない。

#### 【0035】

次に、この発明の第2の実施形態について説明する。図10は、この第2の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。図10において、第1の実施形態における同一または対応する部分には、同一の符

号を付す。

【0036】

この第2の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法においては、上述の第1の実施形態におけると同様の製造方法により、図5に示すように、水素含有膜としての $\text{SiN}_x$ 膜14を形成する工程まで行う。

【0037】

次に、図10に示すように、 $\text{SiN}_x$ 膜14上に、例えばモリブデン(Mo)からなる金属膜16を形成する。この金属膜16の材料としては、Mo以外に、例えば、タンタル(Ta)またはタングステン(W)などを用いることも可能である。次に、例えば第1の実施形態におけると同様に、基板に対して、金属膜16の側からパルスレーザービーム15を照射する。この場合、パルスレーザービーム15が金属膜16で吸収されて、この金属膜16が加熱されることによってこの下層の $\text{SiN}_x$ 膜14が加熱される。これにより、第1の実施形態におけると同様に、 $\text{SiN}_x$ 膜14中の水素を多結晶Si膜11に拡散させて水素化を行い、多結晶Si膜11の結晶粒界のダングリングボンドを不活性化してトラップ密度を減少させる。この後、金属膜16を除去する。

【0038】

この第2の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法の上記以外の構成は、第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法と同様であるので、説明を省略する。

【0039】

この第2の実施形態によっても、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。また、この第2の実施形態の場合、パルスレーザービーム15が金属膜16によって吸収されるため、この金属膜16の下層にパルスレーザービーム15が照射されることを防止することもできる。

【0040】

次に、この発明の第3の実施形態について説明する。ここでは、活性領域が多結晶Si膜により構成されたトップゲート型の薄膜トランジスタを製造する場合について説明する。図11～図16は、この第3の実施形態による薄膜トランジ



スタの製造方法を説明するための断面図である。

【0041】

この第3の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法においては、図11に示すように、例えば、耐熱温度が200℃程度のポリエチレンサルフォンからなるプラスチック基板21上に、例えば、低温プラズマCVD法により、 $\text{SiO}_2$ 膜、 $\text{SiN}_x$ 膜またはこれらの積層膜のような保護膜22を形成する。次に、この保護膜22の全面に、例えばスパッタリング法により、例えば膜厚30nm程度のアモルファス状のSi膜23および例えば膜厚100nm程度の $\text{SiO}_2$ 膜からなるゲート絶縁膜24を形成する。これらのSi膜23およびゲート絶縁膜24を形成する際のスパッタリング条件の一例を挙げると、Si膜23を形成する際には、ターゲットとしてSi、プロセスガスとしてHeガスを用い、Heガスの流量を50sccm、圧力を5mTorrとし、放電パワーを150Wとすし、ゲート絶縁膜24を形成する際には、ターゲットとしてSi、プロセスガスとしてHeおよび $\text{O}_2$ の混合ガスを用い、Heガスおよび $\text{O}_2$ ガスの流量をそれぞれ50sccm、5sccmとし、放電パワーを150Wとする。

【0042】

次に、図12に示すように、基板に対してSi膜23の側からパルスレーザービーム25を照射することにより、Si膜23をアニールする。このパルスレーザービーム25を用いたレーザーアニールによって、アモルファス状のSi膜23が結晶化される。図12は、アモルファス状のSi膜23を結晶化した後の状態を示し、符号26は、この結晶化によって形成された多結晶Si膜を示す。この多結晶Si膜26は、この薄膜トランジスタの活性領域を構成するものである。この場合、パルスレーザービーム25によりSi膜23が選択的に加熱されるように、パルスレーザービーム25の種類、Si膜23の厚さなどを選択することが好ましい。また、パルスレーザービーム25による照射エネルギー密度は、例えばSi膜23がほとんど溶融せず、しかもアニールが効果的に行われるような値に選ばれる。具体的には、このレーザーアニールの際には、例えば、パルスレーザービーム25の光源として波長308nmのXeClエキシマレーザーが用いられ、パルスレーザービーム10による照射エネルギー密度を200mJ/cm<sup>2</sup>、パルス幅を3

0 ns、照射パルス数を 500 パルスとしてレーザアニールを行う。

【0043】

次に、図 13 に示すように、ゲート絶縁膜 24 の全面に、例えば Al 膜のような導電膜からなるゲート電極 27 を形成した後、このゲート電極 27 上に所定形状のレジストパターン 28 を形成する。次に、このレジストパターン 28 をマスクとして、ゲート電極 27 およびゲート絶縁膜 24 をエッチングにより順次所定形状にパターニングする。

【0044】

次に、図 14 に示すように、例えばレジストパターン 28 を残したままで、レジストパターン 28、ゲート電極 27 およびゲート絶縁膜 24 をマスクとして、例えばプラズマドーピング法により、多結晶 Si 膜 26 中に選択的に例えば P のような n 型不純物をドーピングする。これにより、多結晶 Si 膜 26 中にゲート電極 27 に対して自己整合的に  $n^+$  型のソース領域 29 およびドレイン領域 30 が形成される。この後、レジストパターン 28 を除去する。

【0045】

次に、図 15 に示すように、多結晶 Si 膜 26 をエッチングにより所定形状にパターニングし、薄膜トランジスタ形成部をアイランド化する。次に、例えば CVD 法により  $\text{SiO}_2$  膜のような絶縁膜 31 を全面に形成した後、この絶縁膜 31 の所定部分をエッチングにより除去して開口 31a、31b を形成する。次に、例えばスパッタリング法により全面に例えば Al 膜を形成した後、この Al 膜をエッチングにより所定形状にパターニングして、電極 32、電極 33 を形成する。

【0046】

次に、図 16 に示すように、例えば低温プラズマ CVD 法により、全面に例えば膜厚 100 nm 程度の  $\text{SiN}_x$  膜 34 および例えば膜厚 30 nm 程度のアモルファス Si 膜 35 を順次形成する。ここで、 $\text{SiN}_x$  膜 34 は、膜中に水素を含含有しており、後述する多結晶 Si 膜 26 の水素化の際の水素供給源となる。これらの  $\text{SiN}_x$  膜 34 およびアモルファス Si 膜 35 の形成条件の一例を挙げると、 $\text{SiN}_x$  膜 34 を形成する際には、プロセスガスとして  $\text{SiH}_4$ 、 $\text{NH}_3$  およ

び $N_2$ の混合ガスを用い、 $SiH_4$ ガスの流量を10 sccm、 $NH_3$ ガスの流量を40 sccm、 $N_2$ ガスの流量を135 sccmとし、圧力を100 mTorr、プラズマパワーを40 W、基板温度を100℃とする。アモルファスSi膜35を形成する際には、プロセスガスとして $SiH_4$ および $H_2$ の混合ガスを用い、 $SiH_4$ ガスの流量を20 sccm、 $H_2$ ガスの流量を80 sccmとし、圧力を100 mTorr、プラズマパワーを10 W、基板温度を100℃とする。

## 【0047】

次に、例えば、基板に対して、アモルファスSi膜35の側からパルスレーザービーム36を照射する。この場合、パルスレーザービーム36がアモルファスSi膜35で吸収されて、このアモルファスSi膜35が加熱されることによってこの下層の $SiN_x$ 膜34が加熱される。これにより、 $SiN_x$ 膜34中の水素を多結晶Si膜26に拡散させて水素化を行い、多結晶Si膜26の結晶粒界のダングリングボンドを不活性化してトラップ密度を減少させる。また、このとき、ソース領域29およびドレイン領域30と接続された電極32、33がシンタリングして、オーミック特性が向上する。

## 【0048】

この場合、パルスレーザービーム36による照射エネルギー密度、パルス幅、照射パルス数は、例えば多結晶Si膜26がほとんど溶融せず、しかも $SiN_x$ 膜34の加熱が効果的に行われるような値に選ばれる。また、このパルスレーザービーム36の照射エネルギー密度は、例えば、上述したアモルファス状のSi膜23を結晶化して多結晶Si膜26を形成する際に用いたパルスレーザービーム25の照射エネルギー密度より低く選ばれる。この場合、パルスレーザービーム36の光源として波長308 nmのXeClエキシマレーザーが用いられる。このパルスレーザービーム36による照射エネルギー密度、パルス幅、照射パルス数は、例えば、第1の実施形態における多結晶Si膜11の水素化処理の場合と同様に選ばれる。なお、この第3の実施形態においても、パルスレーザービーム36が赤外光である場合は、 $SiN_x$ 膜34およびアモルファスSi膜35の下層側の電極32、33やプラスチック基板21などが加熱され、これらの温度が上昇するおそ

れがあるため、パルスレーザービーム 36 としては、短波長のものを用いることが好ましい。

#### 【0049】

以上により、活性領域が多結晶 Si 膜により構成された、トップゲート型の薄膜トランジスタが製造される。なお、この第 3 の実施形態における上述の各プロセスは、いずれも、プラスチック基板 21 の耐熱温度以下の温度で行われる。

#### 【0050】

この第 3 の実施形態によれば、トップゲート型の薄膜トランジスタを製造する場合において、第 1 の実施形態と同様な効果を得ることができる。また、この第 3 の実施形態の場合、パルスレーザービーム 35 がアモルファス Si 膜 34 で吸収されるため、このアモルファス Si 膜 34 の下層にパルスレーザービーム 35 が照射されることを防止することもできる。

#### 【0051】

以上この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、実施形態において挙げた数値、材料、構造、プロセスなどはあくまで例にすぎず、必要に応じてこれらと異なる数値、材料、構造、プロセスを用いてもよい。具体的には、例えば、上述の第 1 ～ 第 3 の実施形態においては、ポリエチレンサルフォンからなるプラスチック基板 1, 21 に代えて、それぞれ、例えば耐熱温度が 100℃ 程度のポリエチレンテレフタレート (PET) からなるプラスチック基板を用いてもよく、これ以外にも、例えばポリメチルメタクリレート (PMMA) からなるプラスチック基板またはポリカーボネート (PC) からなるプラスチック基板などを用いてもよい。なお、上述の第 1 ～ 第 3 の実施形態においては、これらのプラスチック基板に代えて、例えばガラス基板などを用いても構わない。また、上述の第 1 および第 2 の実施形態においては、Si 膜 5 としてアモルファス状のものを用いているが、これは、多結晶状のものを用いてもよい。また、上述の第 3 の実施形態における Si 膜 23 としては、アモルファス状のものを用いることが好ましいが、場合によっては多結晶状のものを用いてもよい。

## 【0052】

また、上述の第1～第3の実施形態においては、パルスレーザービーム15, 36の光源として、XeClエキシマレーザー（波長308nm）を用いているが、パルスレーザービーム15, 36の光源としては、例えば、KrFエキシマレーザー（波長248nm）、ArFエキシマレーザー（波長193nm）などを用いることも可能である。また、パルスレーザービーム15, 36に代えて、電子ビームやイオンビームを照射するようにしてもよい。

## 【0053】

また、上述の第1～第3の実施形態においては、活性領域が多結晶Si膜により構成された薄膜トランジスタの製造する場合を例に、多結晶Si膜を水素化する場合について説明したが、この発明は、アモルファスSi膜を水素化する場合にも同様に適用することができる。また、この発明は、単結晶デバイスの界面欠陥を減少させる場合にも適用可能である。

## 【0054】

## 【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、パルスエネルギービームを照射して水素含有膜を加熱することにより水素含有膜中の水素を半導体膜に拡散させるようにしていることにより、水素含有膜を選択的に加熱することによって半導体膜の水素化することができるので、プラスチック基板のような低耐熱性の基板を用いた場合であっても、基板に損傷を与えることなく半導体膜の水素化を行うことができる半導体装置の製造方法を提供することができる。特に、製造すべき半導体装置が、半導体膜を活性領域とする薄膜トランジスタである場合は、その活性領域を構成する半導体膜のトラップ密度を効果的に低減することが可能となり、特性の良好な薄膜トランジスタを製造することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図2】 この発明の第1の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 3】 この発明の第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 4】 この発明の第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 5】 この発明の第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 6】 この第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により作製された試料におけるゲート電圧ードレイン電流特性の、パルスレーザビームの照射エネルギー密度および照射パルス数依存性を示すグラフである。

【図 7】 この第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により、パルスレーザビームの照射エネルギー密度を  $100 \text{ mJ/cm}^2$  として作製された試料におけるゲート電圧ードレイン電流特性の、照射パルス数依存性を示すグラフである。

【図 8】 図 7 より求めたパルスレーザビームの照射パルス数と、ゲート電圧が  $20 \text{ V}$  のときのドレイン電流との関係を示すグラフである。

【図 9】 この第 1 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法により、パルスレーザビームの照射エネルギー密度を  $40 \text{ mJ/cm}^2$  から  $100 \text{ mJ/cm}^2$  まで  $10 \text{ mJ/cm}^2$  のステップで増加させ、各照射エネルギー密度における照射パルス数を  $100$  パルスとして作製された試料における、ゲート電圧ードレイン電流を示すグラフである。

【図 10】 この発明の第 2 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 11】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 12】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 13】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 14】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 15】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

【図 16】 この発明の第 3 の実施形態による薄膜トランジスタの製造方法を説明するための断面図である。

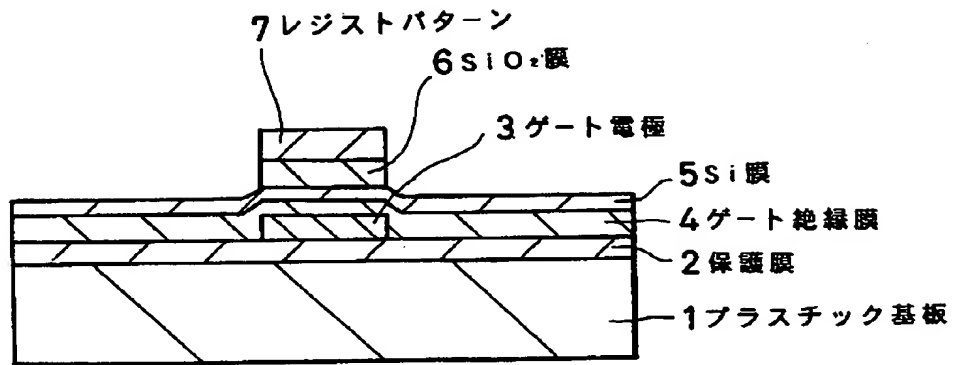
【符号の説明】

1, 21・・・プラスチック基板、2, 22・・・保護膜、3, 27・・・ゲート電極、4, 24・・・ゲート絶縁膜、5, 23・・・Si 膜、6・・・SiO<sub>2</sub> 膜、7, 28・・・レジストパターン、8, 29・・・ソース領域、9, 30・・・ドレイン領域、10、15, 25, 36・・・パルスレーザービーム、11, 26・・・多結晶 Si 膜、12, 13, 32, 33・・・電極、14, 34・・・SiN<sub>x</sub> 膜、16・・・金属膜、31・・・絶縁膜、35・・・アモルファス Si 膜

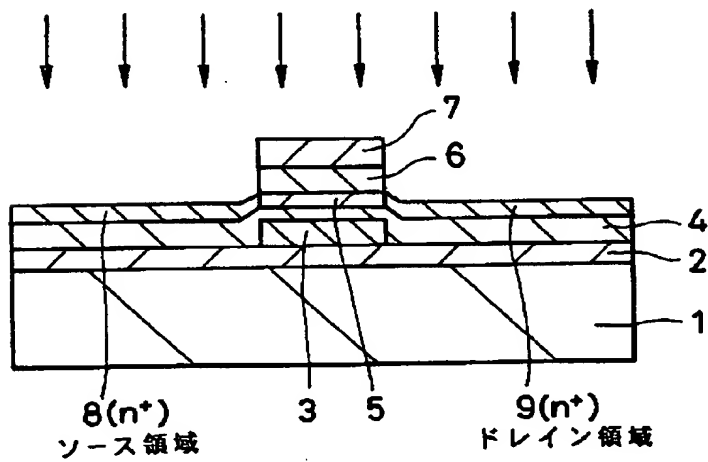
【書類名】

図面

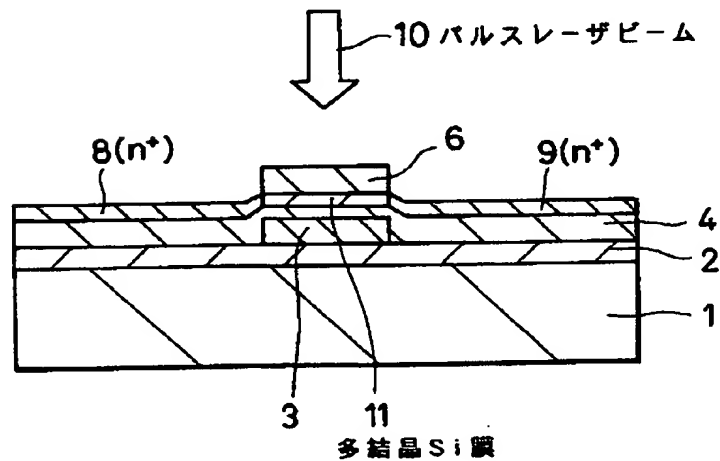
【図 1】



【図 2】

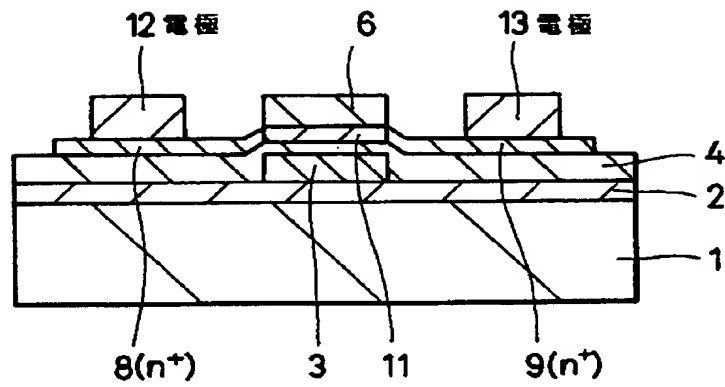


【図 3】

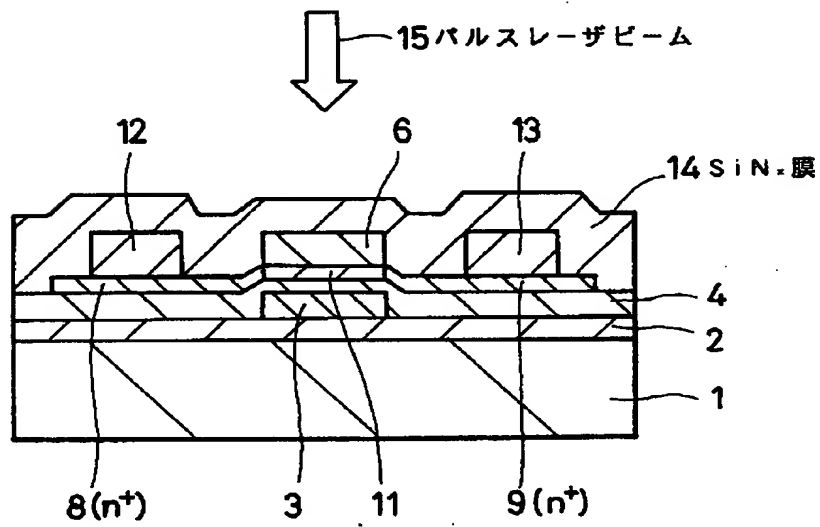




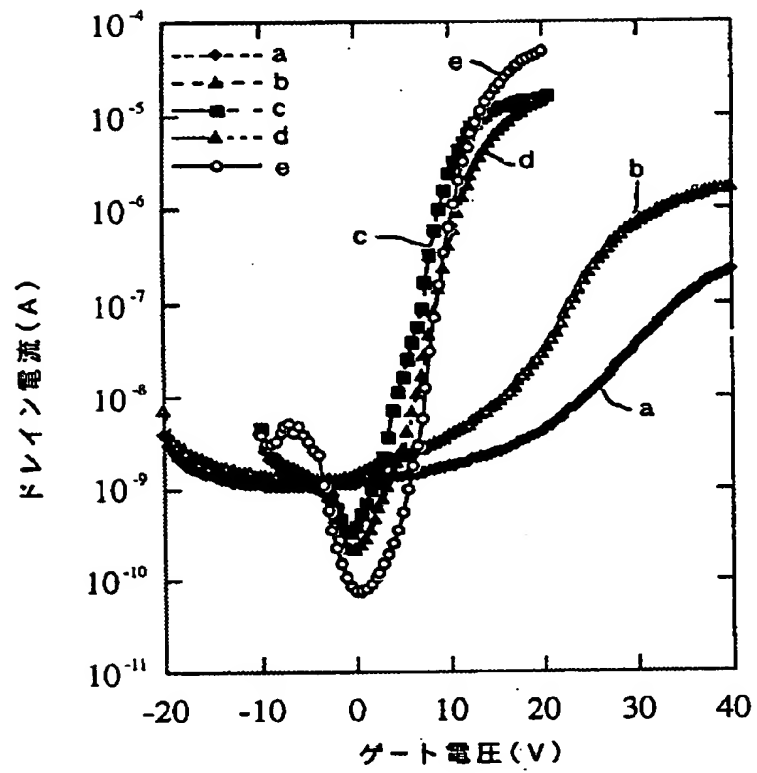
【図 4】



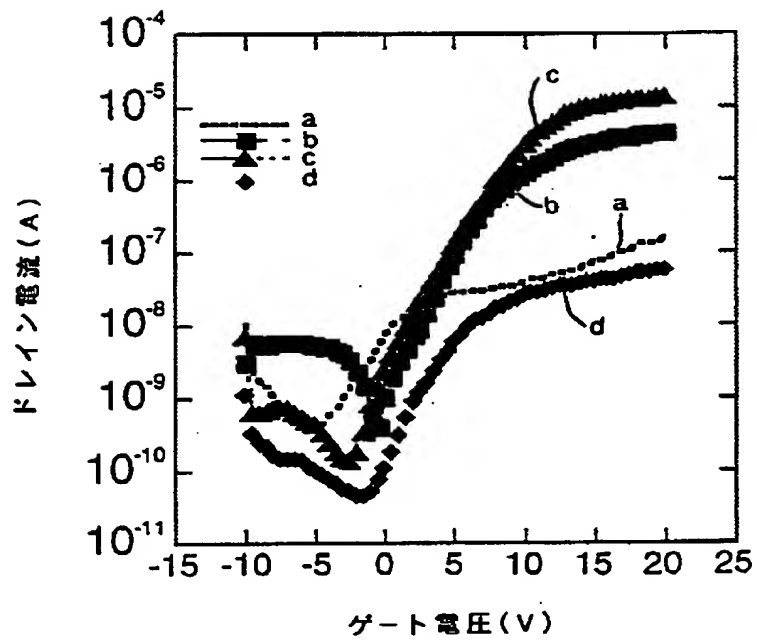
【図 5】



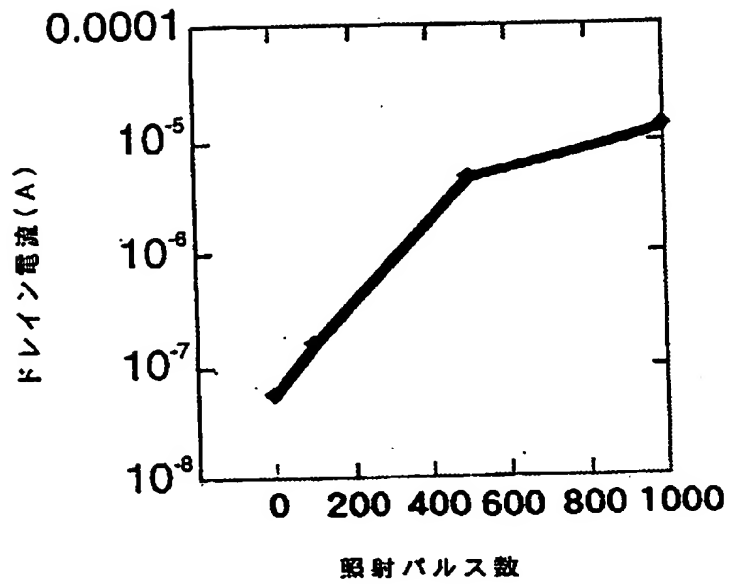
【図 6】



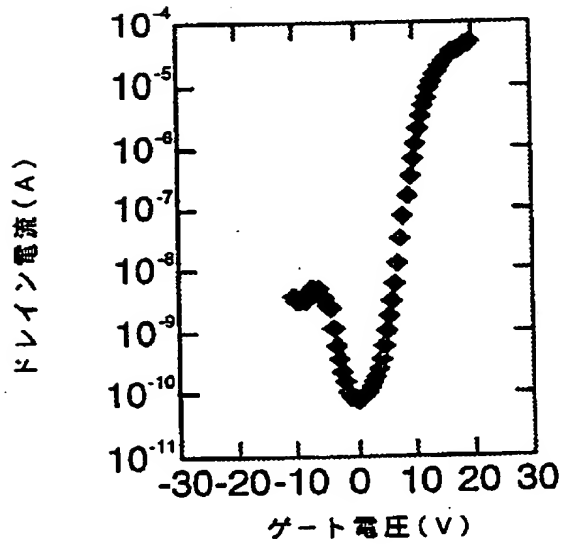
【図 7】



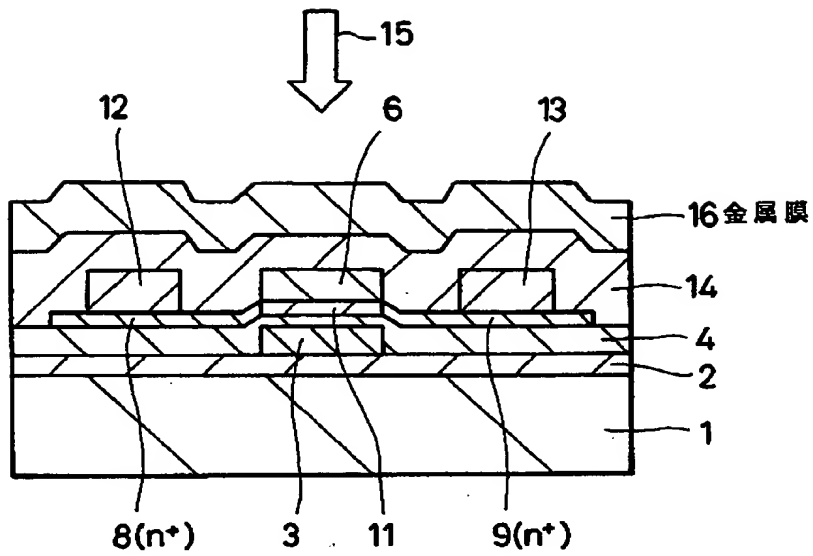
【図 8】



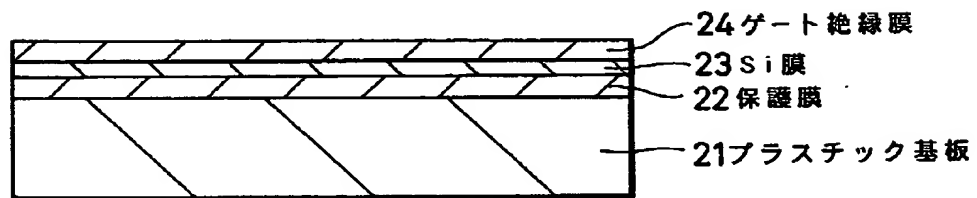
【図 9】



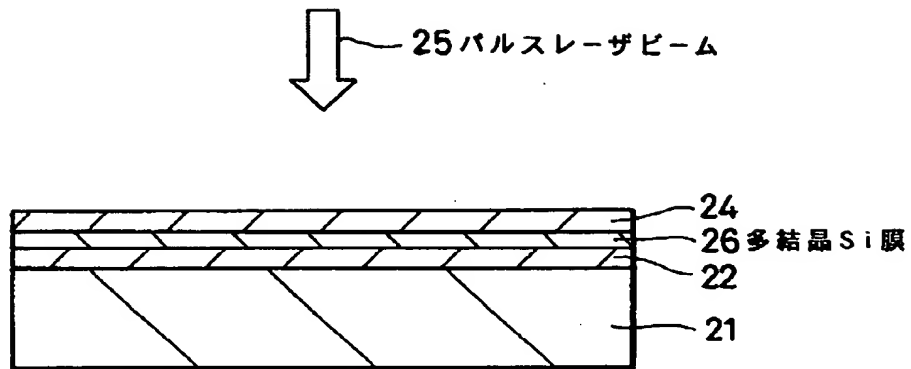
【図 10】



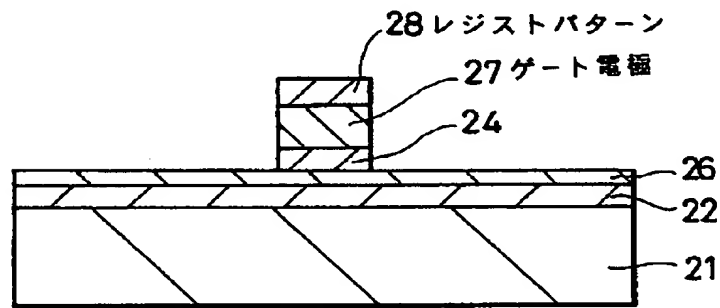
【図 11】



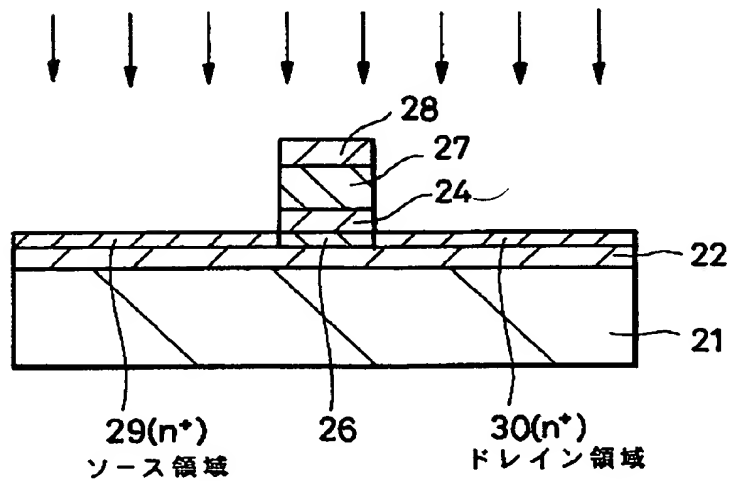
【図 12】



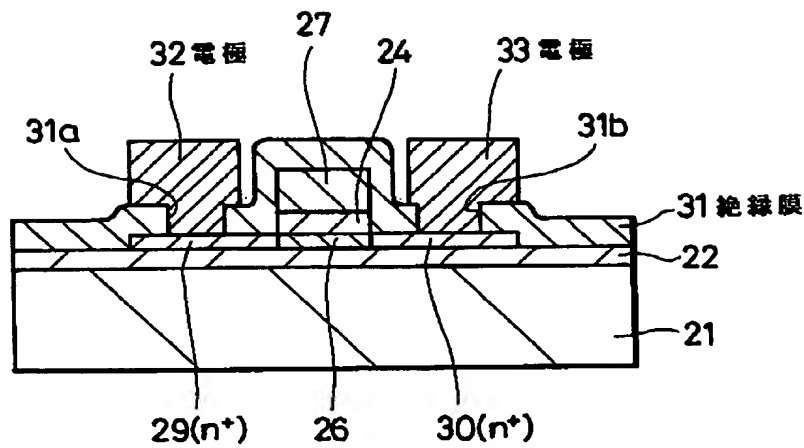
【図 13】



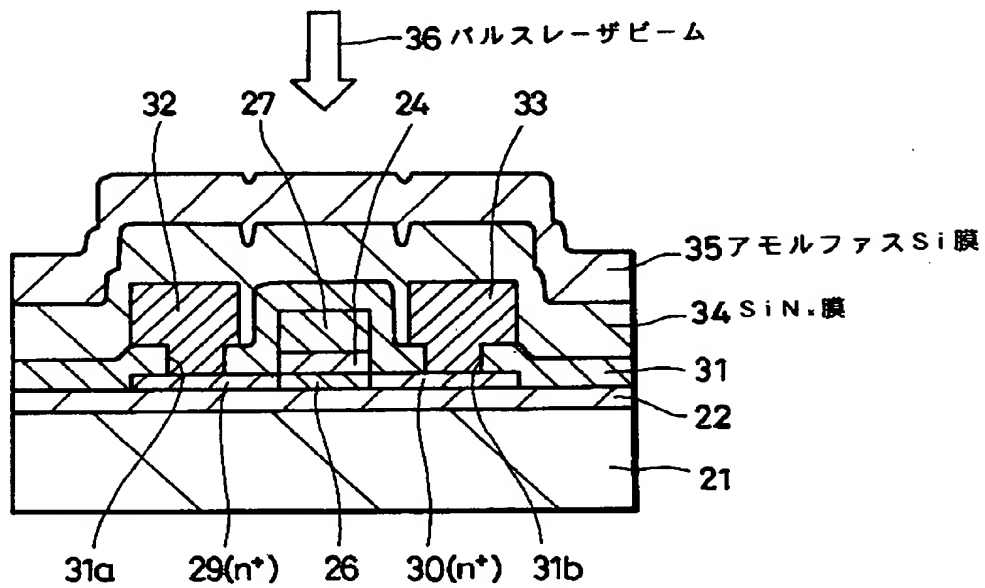
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プラスチック基板のような低耐熱性の基板を用いた場合であっても、基板に損傷を与えることなく半導体膜の水素化を行うことができる半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 多結晶 Si 膜により活性領域が構成された薄膜トランジスタの製造方法において、プラスチック基板 1 上に、アモルファス状の Si 膜 5 を形成した後、パルスレーザービーム 10 を照射して Si 膜 5 を結晶化することにより、多結晶 Si 膜 11 を形成する。多結晶 Si 膜 11 のソース領域 8、ドレイン領域 9 上の電極 12, 13 を形成した後、全面に、水素含有膜として  $\text{SiN}_x$  膜 14 を形成する。パルスレーザービーム 15 を照射して  $\text{SiN}_x$  膜 14 を加熱することにより、 $\text{SiN}_x$  膜 14 中の水素を多結晶 Si 膜 11 に拡散させ水素化を行い、多結晶 Si 膜 11 の結晶粒界のトラップ密度を低減する。

【選択図】 図 5

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100082762

【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋1-48-10 25山京ビル  
420号 杉浦特許事務所

【氏名又は名称】 杉浦 正知



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名 ソニー株式会社